

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. November 2003 (06.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/091626 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F23C 11/00,
9/00, F23R 3/42

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/01319

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. April 2003 (22.04.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 17 913.1 23. April 2002 (23.04.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): WS REFORMER GMBH [DE/DE]; Dornierstraase
14, D-71272 Renningen (SI).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WÜNNING, Joachim,

G. [DE/DE]; Finkenweg 2, 71229 Leonberg (DE). WÜNNING, Joachim, A. [DE/DE]; Berghalde 20, 71229 Leonberg (DE).

(74) Anwalt: ABEL, Thomas, Dr.; Rüger, Barthelt & Abel,
Webergasse 3, 73728 Esslingen (DE).

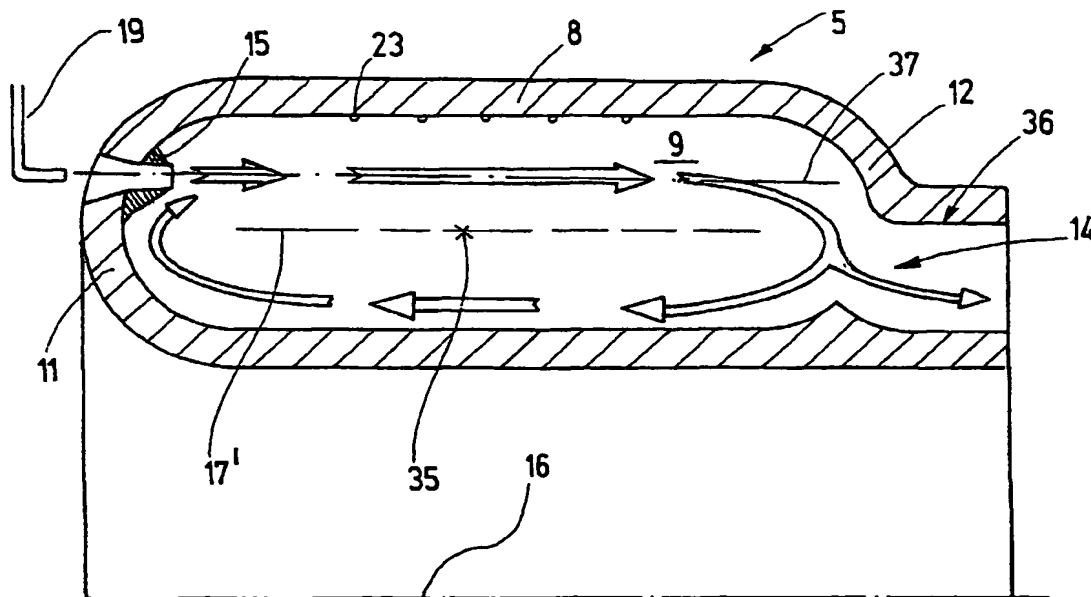
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMBUSTION CHAMBER WITH FLAMELESS OXIDATION

(54) Bezeichnung: BRENNKAMMER MIT FLAMMENLOSER OXIDATION



(57) Abstract: A combustion chamber (5), provided for a gas turbine, is fitted for flameless oxidation of fuels. Said chamber comprises an internal chamber (9) wherein a spacious recirculation flow is adjusted. Said flow guides a hot waste gas to the air which is introduced, the mass flow rate thereof exceeding the flow of fresh air. The fresh air and the fuel are supplied to the combustion chamber in the same direction which is approximately parallel to the wall.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine für eine Gasturbine eingerichtete Brennkammer (5) ist zur flammenlosen Oxidation von Brennstoffen eingerichtet. Dazu weist sie einen Innenraum (9) auf, in dem sich eine großräumige Rezirkulationsströmung einstellt. Diese führt der eingeleiteten Luft einen heißen Abgasstrom zu, dessen Massenstrom den Frischluftstrom übersteigt. Die Frischluft und der Brennstoff werden der Brennkammer in gleicher Richtung ungefähr wandparallel zugeführt.

Brennkammer mit flammenloser Oxidation

Die Erfindung betrifft eine Brennkammer für eine Gasturbine und eine mit einer solchen Brennkammer ausgerüstete Gasturbine.

Gasturbinen dienen zur Umsetzung von Wärmeenergie in mechanische Energie, die beispielsweise an einer Welle (Kraftwerke, Schiffsantriebe, Hubschrauber) oder als Schub abgegeben wird (Flugzeuge). Alle Gasturbinen weisen Brennkammern auf, in denen ein Brennstoff mit Luftüberschuss verbrannt wird. Dabei bildet sich in der Brennkammer eine stabi-

le Flamme aus. Zur Stabilisierung derselben wird die Gasströmung, die am Verdichterausgang eine sehr hohe Geschwindigkeit hat, meist zunächst verlangsamt. Es sind geeignete Mittel zur Ausbildung stabiler Flammen vorgesehen. Z.B. werden in der Brennkammer kleinräumige Wirbel zur Flammenstabilisierung erzeugt. Die Verbrennung erfolgt mit Luftüberschuss, um die Brennkammer und die Turbine thermisch nicht zu überlasten.

Aus der EP 0463218 B1 ist die flammenlose Oxidation eines Brennstoffs in einem entsprechenden Reaktionsraum bekannt. Die flammenlose Oxidation wird bei hohen Brennkamtemperaturen erreicht, wenn der Brennstoff in einen heißen abgas- und sauerstoffhaltigen Gasstrom eingeleitet wird.

Brennkammern von Gasturbinen müssen mehreren Anforderungen genügen. Einige davon sind ein möglichst geringer Druckverlust, die Erzielung einer möglichst vollständigen Verbrennung, die (knappe) Unterschreitung maximaler Abgastemperaturen (zur Schonung der Turbine) und eine geringe Stickoxid-erzeugung.

Daraus leitet sich die Aufgabe ab, eine Brennkammer zu schaffen, die eine niedrige Stickoxiderzeugung aufweist und sich zum Einsatz an Gasturbinen eignet.

Diese Aufgabe wird mit der Brennkammer gemäß Anspruch 1 gelöst:

Die erfindungsgemäße Brennkammer ist zur flammenlosen Oxidation eingerichtet. Dies wird erreicht, indem der Eingang und der Ausgang so ausgerichtet sind, dass sich in ihrem Innenraum eine großräumige Rezirkulationsströmung ausbildet,

mit der der zugeführten Frischluft größere Mengen heißer Abgase beigemischt werden. Vorzugsweise sind die Verhältnisse so getroffen, dass dem Frischluftstrom wenigstens ein doppelt so großer Abgasstrom beigemischt wird. Damit kann erreicht werden dass das Gemisch aus Frischluft und Abgas eine Mischungstemperatur aufweist, die über der Entzündungstemperatur des Brennstoffs liegt. Die sich einstellende flammenlose Oxidation ist nicht auf die Ausbildung einer stabilen Flamme angewiesen. Es kann deshalb mit relativ hohen Gasgeschwindigkeiten gearbeitet werden, wobei sich die Oxidation des Brennstoffs über eine größere zwischen Eingang und Ausgang liegende Strecke erstreckt.

Die großräumige Rezirkulationsströmung lässt sich außerdem relativ verlustarm gestalten, so dass die Brennkammer einen geringen Strömungswiderstand hat und somit lediglich geringe Druckverluste verursacht. Es sind Druckverluste erreichbar, die lediglich im Bereich von weniger als 3 % des Brennkammerdrucks liegen. Die Frischluft wird der Brennkammer verdichtet und vorzugsweise drallfrei gewissermaßen als Luftstrahl zugeführt. Es ergibt eine geordnete Strömung.

Die neue Brennkammer ermöglicht hohe Leistungsdichten (z.B. 100 MW/m³). Flammenabriss sowie Flammenrückschlag sind prinzipbedingt unmöglich. Es sind NO_x-Konzentrationen von unter 10 ppm erreicht worden.

Zur Ausbildung der flammenlosen Oxidation unter gleichzeitiger Erreichung eines niedrigen Durchströmungswiderstands der Brennkammer und einer kompakten Bauform wird der Brennstoff in der gleichen Richtung in die Brennkammer eingeleitet, wie die Frischluft. Dadurch werden lokale Wirbel weitgehend reduziert, die ansonsten zu einer Erhöhung des Druck-

verlusts beitragen könnten.

Es wird bevorzugt die Brennkammer mit einer inneren Rezirkulation von 2 bis 5 auszulegen. Dies bedeutet, dass der Frischluft das Zwei- bis Fünffache ihres Massenstroms an Abgasen beigemischt wird.

Die Luft und der Brennstoff werden dabei vorzugsweise zueinander koaxial, in benachbarten Strahlen oder in anderweitig nebeneinander und im Wesentlichen parallel zueinander angeordneten Strahlen in die Brennkammer eingeführt. Die Zuführung in die Brennkammer erfolgt vorzugsweise von der Stirnwand her an dem der äußeren Brennkammerwand benachbarten Bereich, d.h. in einer radial außen liegenden Zone der Stirnwand. Dadurch werden Frischluft und Brennstoff in einer zunächst im Wesentlichen wandparallelen Strömung in die Brennkammer eingeführt. Der Ausgang der Brennkammer ist vorzugsweise in der gleichen Richtung oder in Gegenrichtung orientiert, wobei seine Außengrenze einen geringeren Abstand zur Brennkammermittelachse aufweist als zu dem Eingang der Brennkammer gehörige Lufterdüsen. Mit dieser Maßnahme lässt sich die großräumigere Rezirkulationsströmung erreichen, die vom Eingang zum Ausgang der Brennkammer an der Wand entlangführt und dann von dem Ausgang zu dem Eingang vorzugsweise auf der Mittelachse der Brennkammer zurückströmt.

Der Eingang der Brennkammer wird vorzugsweise durch mehrere Lufteingangsdüsen gebildet, die die Frischluft als Frischluftstrahlen in den Innenraum leiten. Außerdem sind die Lufterdüsen vorzugsweise so geformt, dass der austretende Luftstrahl eine Injektorwirkung zur Rücksaugung von Abgasen ausübt. Dies kann beispielsweise durch einen über die Stirnwand der Brennkammer vorstehenden kegelförmigen Abschnitt erreicht

oder unterstützt werden.

Die Brennkammer kann zu einem Satz ringförmig angeordneter Einzelbrennkammern gehören, die auch als Rohrbrennkammern bezeichnet werden. Alternativ kann die Brennkammer als Ringbrennkammer ausgelegt sein. Bei stationären Anlagen sind auch abweichende Brennkammerformen möglich.

Die Brennkammer ist vorzugsweise so ausgebildet, dass sie lediglich ein einziges Zirkulationszentrum (Wirbelzentrum) aufweist. Bei der Rohrbrennkammer ist dieses Wirbelzentrum eine Linie oder Fläche, die coaxial zu der Brennkammerlängsachse angeordnet ist. Die Zirkulationsströmung ist eine Toroidströmung, die den gesamten Innenraum der Brennkammer erfasst. Bei der Ringbrennkammer, bei der die zum Eingang gehörigen Luftdüsen beispielsweise auf einem äußeren Kranz in der Stirnwand angeordnet sind, wird das Wirbelzentrum ebenfalls durch eine coaxial zu der Brennkammerlängsachse ausgerichtete Kreislinie gebildet. Diese ist vorzugsweise ungefähr parallel zu der Linie, auf der die Luftdüsen angeordnet sind.

Die Brennkammer ist vorzugsweise mit einer Vorheizeinrichtung versehen, mit der sie zu Betriebsbeginn auf eine zur flammenlosen Oxidation geeignete Temperatur gebracht werden kann. Die Vorheizeinrichtung wird beispielsweise durch zeitweilig betriebene Brenner gebildet, die eine Flamme ausbilden können, durch eine elektrische Heizung oder durch sonstige Wärmequellen.

Die Brennkammer kann an ihrer Innenwand mit einem katalytisch aktiven Material beschichtet sein. Außerdem kann in der Brennkammer ein Leitkörper mit katalytischer Oberfläche angeordnet sein. Weiter kann an dem Ausgang der Brennkammer

ein Katalysator angeordnet werden.

Weitere vorteilhafte Einzelheiten von Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung, der Beschreibung oder Unteransprüchen.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

Figur 1 eine Gasturbine in einer schematischen Darstellung,

Figur 2 die Brennkammern der Gasturbine nach Figur 1 in einer Stirnansicht,

Figur 3 eine einzelne Brennkammer in schematisierter, längsgeschnittener Darstellung,

Figur 4 die Brennkammer nach Figur 3 in einer Stirnansicht,

Figur 5 eine abgewandelte Ausführungsform der Brennkammer in längsgeschnittener Darstellung,

Figur 6 eine weitere abgewandelte Ausführungsform der Brennkammer in längsgeschnittener Darstellung,

Figur 7 eine als Ringbrennkammer ausgebildete Brennkammer in Stirnansicht,

Figur 8 die Brennkammer nach Figur 7 im Längsschnitt,

Figur 9 eine Brennkammer mit Umkehrströmung in längsgeschnittener Darstellung und

Figur 10 die Brennkammer nach Figur 9 in Stirnansicht.

In Figur 1 ist eine Gasturbine 1 veranschaulicht, die einen Verdichter 2, eine Turbine 3, die mit dem Verdichter 2 beispielsweise über eine Welle 4 verbunden ist, und wenigstens eine Brennkammer 5 aufweist. Jede Brennkammer weist einen Eingang 6, der von dem Verdichter 2 mit verdichteter Luft gespeist ist, und einen Ausgang 7 auf, der der Turbine 3 den in der Brennkammer 5 erzeugten Gasstrom zuführt.

Die Brennkammern 5 können, wie Figur 2 veranschaulicht, jeweils etwa rohrförmige Einzelbrennkammern (can-type-burner) sein, die gemeinsam einen Brennkammersatz bilden. Eine einzelne solche Brennkammer 5 ist in Figur 3 veranschaulicht. Die Brennkammer weist einen von einer Wandung 8 umschlossenen Innenraum 9 auf, der im Wesentlichen zylindrisch ist. Zu der Wandung 8 gehört eingangsseitig eine Stirnwand 11, die beispielsweise eben ausgebildet sein kann. An der gegenüber liegenden Seite ist eine Stirnwand 12 ausgebildet, in der einen den Ausgang 7 festlegende Öffnung 14 mit dem Radius B angeordnet ist. Als Eingang 6 dient eine Reihe von Luftdüsen 15, die, wie Figur 4 veranschaulicht, auf einem Kreis angeordnet sind. Die Luftdüsen 15 sind dabei in der Nähe der Wandung 8 auf einem Radius A zu der gedachten Mittelachse 16 der Brennkammer 5 angeordnet, der größer ist als der Radius B der Öffnung 14. Bei einer praktisch erprobten Ausführungsform beträgt der Durchmesser D der jeweiligen Düsenöffnung der Luftdüsen 15 etwa ein Fünfzigstel der entlang der Mittelachse 16 gemessenen Länge l der Brennkammer 5. Der Durchmesser der Brennkammer beträgt etwa die Hälfte von deren Länge. Die Figuren sind nicht maßstäblich.

In dem Innenraum 9 kann ein Leitrohr 17 konzentrisch zu der Mittelachse 16 angeordnet sein. Das Leitrohr 17 ist kürzer als die Länge des Innenraums 9. Sein Durchmesser ent-

spricht etwa dem Durchmesser der Öffnung 14. Zu den Stirnwänden 11 und 12 hält es jeweils einen Abstand, der etwas geringer ist als sein Radius. Mittel zur Befestigung des Leitrohrs 17, wie beispielsweise Stege zu der Wandung 8 oder den Stirnwänden 11, 12 sind nicht veranschaulicht.

Die Luftdüsen 15 ragen, wie Figur 3 veranschaulicht, in den Innenraum 9 hinein. Sie weisen beispielsweise eine etwa kegelstumpfförmige Kontur auf. Sie sind so ausgebildet, dass sie einen geraden Luftstrahl erzeugen, der einen Injektoreffekt bewirkt. Zur Zuführung von Brennstoff ist eine Brennstoffzuführungseinrichtung 18 vorgesehen. Diese wird beispielsweise durch Brennstoffdüsen 19 gebildet, die von einer zentralen Leitung 21 gespeist sind. Die Brenndüsen 19 können beispielsweise jeweils kurz vor einer Luftdüse 15 münden. Dabei kann jeder Luftdüse 15 eine Brennstoffdüse 19 zugeordnet sein. Es ist auch möglich, lediglich einigen der Luftdüsen 15 Brennstoffdüsen 19 zuzuordnen. Außerdem können die Brennstoffdüsen 19, wie in Figur 4 als Alternative veranschaulicht ist, zwischen den Luftdüsen 15 angeordnet sein. Die Zahl der Brennstoffdüsen 19 kann mit der Zahl der Luftdüsen 15 übereinstimmen oder von dieser abweichen. Die Brennstoffdüsen 19 und die Luftdüsen 15 haben die gleiche Ausströmungsrichtung, d.h. die Luft und der Brennstoff werden gleichgerichtet in den Innenraum 9 eingeleitet.

Die Brennkammer 5 weist zur Inbetriebnahme außerdem eine Vorwärmanrichtung 22 auf. Diese wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch eine Glühwendel gebildet, die elektrisch beheizbar und an der Innenseite der Wandung 8 untergebracht ist. Alternativ kann ein Brenner, eine Lichtbogenerzeugungseinrichtung oder eine anderweitige steuerbare Wärmequelle vorgesehen sein.

Die insoweit beschriebene Brennkammer 5 arbeitet wie folgt:

Bei Betrieb der Gasturbine 1 erhält die Brennkammer 5 an ihrem Eingang 6 verdichtete und durch die Verdichtung vorgewärmte Frischluft. Der Druck kann beispielsweise im Bereich von 10 bar bis 20 bar liegen. Die Luft teilt sich auf die einzelnen Lufterdösen 15 auf und tritt somit in Form von Strahlen etwa parallel zu der zylindrischen Wand 8 in den Innenraum 9 ein. Dies ist durch Pfeile 24, 25 veranschaulicht. Die Temperatur in dem Innenraum 9 ist beispielsweise mittels der Glühwendel 23 so erhöht worden, dass sich eingeleiteter Brennstoff entzündet. Dieser wird über die Brennstoffdösen 19 mit dem Frischluftstrom in Richtung der Pfeile 24, 25 in den Innenraum 9 geleitet. Der Brennstoff reagiert nun in dem Innenraum auf dem Weg von den Lufterdösen 15 zu der Stirnwand 12. Somit bildet der zwischen der Außenseite des Leitrohrs 17 und der Innenseite der Wandung 8 gebildete ringförmige Kanal einen Reaktionskanal 26, der von der Frischluft und dem Brennstoff in Richtung der Pfeile 27, 28 durchlaufen wird.

Das Ende des Reaktionskanals 26 wird durch die Stirnwand 12 verdeckt, so dass sich die Strömung, die durch Pfeile 29, 31 angedeutet ist, umkehrt. Lediglich ein kleinerer Teil der entstandenen Reaktionsprodukte strömt als heißes Gas durch den Ausgang 7 zu der Turbine 5, wie Pfeile 32, 33 kenntlich machen. Der größere Teil rezirkuliert durch das Leitrohr 17 zu der Stirnwand 11 zurück, das somit einen Rezirkulationskanal 34 festlegt. Die in dem Rezirkulationskanal 34 rückströmenden Abgase haben Brennkammerausgangstemperatur, beispielsweise 1.300°C. Der Massenstrom beträgt das Zwei- bis Fünffache des Zuluftmassenstroms der durch den Eingang 6 zuströmt.

An der Stirnwand 11 werden die rückströmenden Gase radial umgelenkt und von der zuströmenden Frischluft mit einem Injektoreffekt in den Reaktionskanal 26 eingesaugt. Hier vermischen sich die heißen Abgase mit der zuströmenden Frischluft. Die Mischungstemperatur liegt oberhalb der Entzündungstemperatur des zugeführten Brennstoffs, beispielsweise oberhalb von 720°C. Der mit der Frischluft zugeführte Brennstoff oxidiert deshalb etwa auf der Länge des Leitrohrs 17 innerhalb des Reaktionskanals 26 ohne Ausbildung von Flammerscheinungen vollständig. Es entstehen keine lokalen Temperaturspitzen innerhalb des Gasvolumens.

Nach Aufheizen der Brennkammer 8 und Aufnahme des beschriebenen stabilen flammenlosen Betriebs, kann die Vorwärm-einrichtung 22 abgeschaltet werden. Die flammenlose Oxidation kann in Voll- und Teillastbetrieb aufrecht erhalten werden, solange sichergestellt bleibt, dass die Brennkammer 8 insgesamt auf einer Temperatur oberhalb der Entzündungstemperatur des Brennstoffs gehalten wird und solange das veranschaulichte Strömungsmuster aufrecht erhalten wird. Bei diesem bildet das Leitrohr 17 das flächenhafte Wirbelzentrum der sich ausbildenden großräumigen Rezirkulationsströmung, die reifen- oder thorusförmig verläuft. Das Wirbelzentrum ist somit stabil coaxial zu der Mittelachse 14 lokalisiert.

Bei einer in Figur 5 veranschaulichten alternativen Ausführungsform der Brennkammer 5 wird die Zirkulationsströmung allein durch die Anordnung der Luftdüsen 15 auf den aus Figur 4 ersichtlichen Kranz, die Ausbildung und Anordnung der Öffnung 14 und gegebenenfalls durch die Formgebung der Wandung 8 erreicht. Der Rezirkulationskanal 34 und der Reaktionskanal 26 sind hier nicht durch gegenständliche Einbauten voneinander getrennt sondern werden durch die sich ausbildende

Strömung festgelegt. Das Wirbelzentrum der Rezirkulationsströmung ist in Figur 5 gestrichelt bei 35 angedeutet. Es liegt konzentrisch zu der Mittelachse 16.

Bei einer weiter entwickelten Ausführungsform ist an dem Ausgang 7 ein Hochtemperaturkatalysator angeordnet. Dieser dient der Reaktionsbeschleunigung insbesondere in unteren Temperaturbereichen.

In Figur 7 und 8 ist eine abgewandelte Brennkammer 5 veranschaulicht. Diese ist als Ringbrennkammer ausgebildet. Soweit bislang eingeführte Bezugszeichen verwendet sind, gilt die vorige Beschreibung entsprechend. Die nachfolgenden Erläuterungen gelten ergänzend.

Die Brennkammer 5 weist einen ringförmigen Innenraum 9 auf, der konzentrisch zu der Längsmittelachse 16 angeordnet und sowohl zu der Mittelachse 16 hin als auch nach außen hin von der Wandung 8 umschlossen ist. Diese kann, wie Figur 8 andeutet, mit strömungstechnisch günstiger Krümmung in die Stirnwände 11, 12 übergehen. In der Stirnwand 11 sind Luftdüsen 15 angeordnet, die auf einem zu der Mittelachse 16 konzentrischen Kreis liegen (Figur 7). Die von den Luftdüsen 15 festgelegte Strömungsrichtung ist im Wesentlichen parallel zu der Mittelachse 16. Die Stirnwand 12 kann mit einer ring-schlitzförmigen Öffnung 14 oder anstelle dessen mit einer Serie auf einem Kranz angeordneter Einzelöffnungen 14 versehen sein. Die äußere Kränze, d.h. die am weitesten radial außen liegende Begrenzung 36 ist radial so weit innen angeordnet, dass der aus der Luftdüse 15 austretende Luftstrahl radial weiter außen auf die Stirnwand 12 trifft. Mit anderen Worten, wie bei den vorigen Ausführungsformen schneidet die gedachte linienhafte Verlängerung 37 der Luftdüse 15 die

Stirnwand 12 außerhalb der Öffnung 14. Entsprechend wird die aus der Luftdüse 15 austretende Strömung vor dem Ausgang 7 um 180° umgeleitet und strömt zum größeren Teil zu der Stirnwand 11 zurück, wo sie wiederum um 180° umgeleitet wird. Es bildet sich eine großräumige Umlaufströmung aus, die auf ihrer gesamten Länge an der Wandung 8 der Brennkammer 5 entlang führt. Das Wirbelzentrum 35 ist konzentrisch zu der Mittelachse 16 angeordnet. Es führt etwa mittig durch den Innenraum 9. Es kann, wie gestrichelt angedeutet ist, durch eine Leiteinrichtung 17' oder auch lediglich durch die Form der Wandung 8 festgelegt sein. Wie bei den vorigen Ausführungsformen findet eine flammenlose Oxidation mit vollständiger Reaktion zwischen dem Brennstoff und der zugeführten Frischluft auf dem Weg von der Luftdüse zu der Stirnwand 12 statt, so dass lediglich Abgase rezirkuliert werden.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Brennkammer 5 ist aus den Figuren 9 und 10 ersichtlich. Die zu den Brennkammern gemäß Figur 3 bis 5 getroffenen Ausführungen gelten entsprechend. Ergänzend gilt nachfolgendes:

Die Brennkammer 5 nach Figur 9 arbeitet mit Umkehrströmung. Während bei den vorstehenden Brennkammern der Eingang 6 und der Eingang 7 an einander gegenüber liegenden Stirnseiten 11, 12 der Brennkammer 5 angeordnet sind, sind der Eingang 6 und der Ausgang 7 bei der Brennkammer 5 nach Figur 9 an ein und derselben Stirnseite 11 der Brennkammer 5 angeordnet. Diese Bauform eignet sich beispielsweise für Turbinen kleinerer Leistung. Sie ist typischerweise bei Turbinen mit Radialverdichter einsetzbar. Die Luftdüsen 15 sind auf einem Kreis angeordnet, der die hier in der Stirnwand 11 vorgesehene Öffnung 14 umgibt. Die Luftdüsen 15 und die Öffnung 14 sind konzentrisch zu der Mittelachse 16 angeordnet. Die sich ausbil-

dende Umlaufströmung (Pfeile in Figur 9) weist wiederum um ringförmiges konzentrisch zu der Mittelachse 16 gelegenes Zirkulationszentrum 35 auf. Die Zirkulationsströmung weist einen Massenstrom auf, der dem Massenstrom der zugeführten Frischluft um das Zwei- bis Fünffache übertrifft.

Im Vergleich mit den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen besteht der Vorzug dieser Ausführungsform der Brennkammer 5 darin, dass nahezu der gesamte Innenraum 9 als Reaktionsraum genutzt wird. Sowohl der Weg von der Luftdüse zu der Stirnwand 12 als auch der Weg von der Stirnwand 12 zu dem Ausgang 14 kann für die Reaktion des Brennstoffs genutzt werden. Damit ist eine sehr kompakte Bauform möglich.

Bedarfsweise kann das Zentrum 35 durch ein Leitrohr 17 festgelegt oder stabilisiert werden. Außerdem kann die Stirnwand 12, wie in Figur 9 gestrichelt veranschaulicht ist, thorusförmig gekrümmt, d.h. als um die Mittelachse 16 herumführende Rinne ausgebildet sein.

Eine für eine Gasturbine eingerichtete Brennkammer 5 ist zur flammenlosen Oxidation von Brennstoffen eingerichtet. Dazu weist sie einen Innenraum 9 auf, in dem sich eine geräumige Rezirkulationsströmung einstellt. Diese führt der eingeleiteten Luft einen heißen Abgasstrom zu, dessen Massenstrom den Frischluftstrom übersteigt. Die Frischluft und der Brennstoff werden der Brennkammer in gleicher Richtung ungefähr wandparallel zugeführt.

Patentansprüche:

1. Brennkammer (5) für eine Gasturbine (1),

mit einem von einer Wandung (8, 11, 12) umgebenen Innenraum (9), der als Reaktionsraum dient,

mit einem Eingang (6, 15), der in den Innenraum (9) führt und mit Frischluft zu versorgen ist,

mit wenigstens einem Ausgang (7, 14), der aus dem Innenraum (9) herausführt und zur Abgabe heißer Abgase dient,

wobei der Eingang (6, 15) und der Ausgang (7, 14) derart ausgerichtet sind und der Innenraum (9) derart ausgebildet ist, dass sich in dem Innenraum (9) eine großräumige Umlaufströmung zur Aufrechterhaltung eines flammenlosen Oxidationsvorgangs ausbildet

mit einer Brennstoffzuführungseinrichtung (18) die dazu eingerichtet ist, Brennstoff in einer vorgegebenen Richtung (24) in den Innenraum (9) zu leiten, wobei die Brennstoffzuführungseinrichtung (18) und der Eingang (6, 15) im Wesentlichen gleich ausgerichtet sind.
2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnitte des Eingangs (6, 15) und des Ausgangs (7, 14) und die Geometrie des Innenraums (9) der Brennkammer (5) derart aufeinander abgestimmt sind, dass der Massenstrom des in dem Innenraum umlaufenden Gasstroms größer als das Doppelte des Massenstroms des in den Eingang (6, 15) geleiteten Massenstroms ist.

3. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnitte des Eingangs (6, 15) und des Ausgangs (7, 14) und die Geometrie des Innenraums (9) der Brennkammer (5) derart aufeinander abgestimmt sind, dass der Massenstrom des in dem Innenraum umlaufenden Gasstroms kleiner als das Fünffache des Massenstroms des in den Eingang (6, 15) geleiteten Massenstroms ist.
4. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Eingang (6, 15) mehrere Luftdüsen (15) umfasst, die in einer Reihe nebeneinander angeordnet sind.
5. Brennkammer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jede Luftdüse (15) einen über die Wandung (11) vorstehenden Abschnitt aufweist.
6. Brennkammer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftdüsen (15) eine übereinstimmende Ausrichtung aufweisen.
7. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (5) zylindrisch ausgebildet ist und dass die Luftdüsen (15) auf einem Kreis angeordnet sind, der konzentrisch zu der Brennkammer (5) angeordnet ist.
8. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (5) kreisringförmig ausgebildet ist.
9. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Eingang (6, 15) und der Ausgang (7, 14) so angeordnet und die Geometrie des Innenraums (9) so festgelegt ist, dass die sich ausbildende Umlaufströmung den

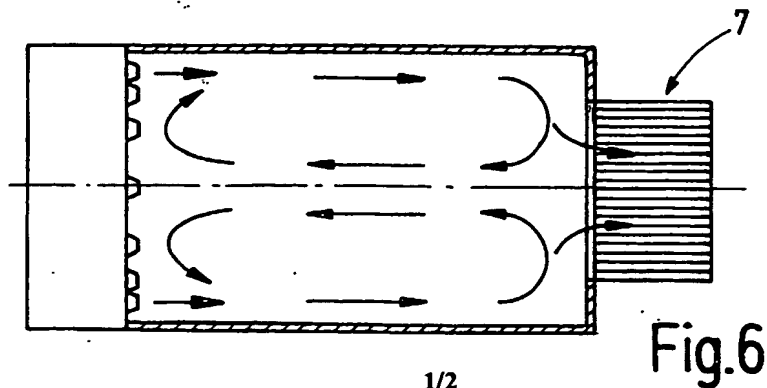
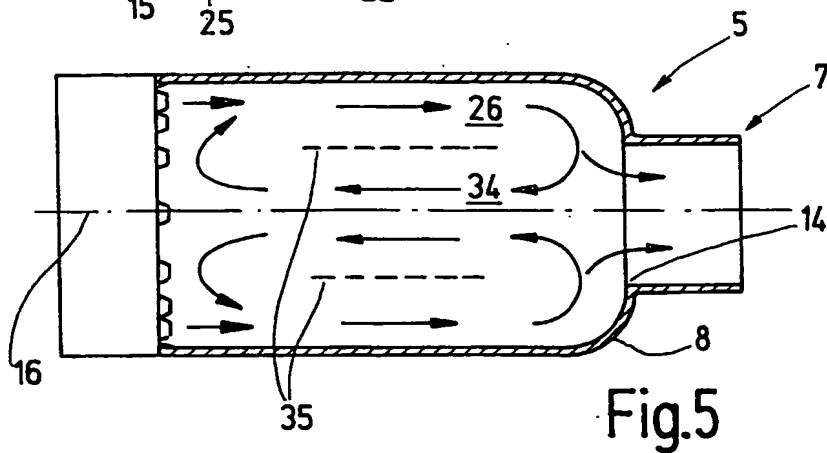
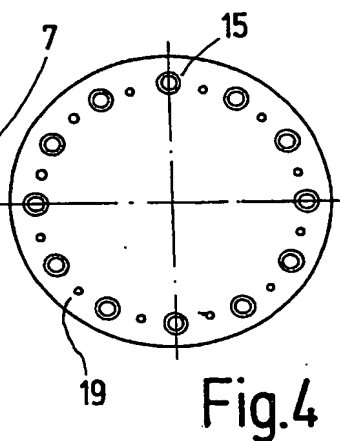
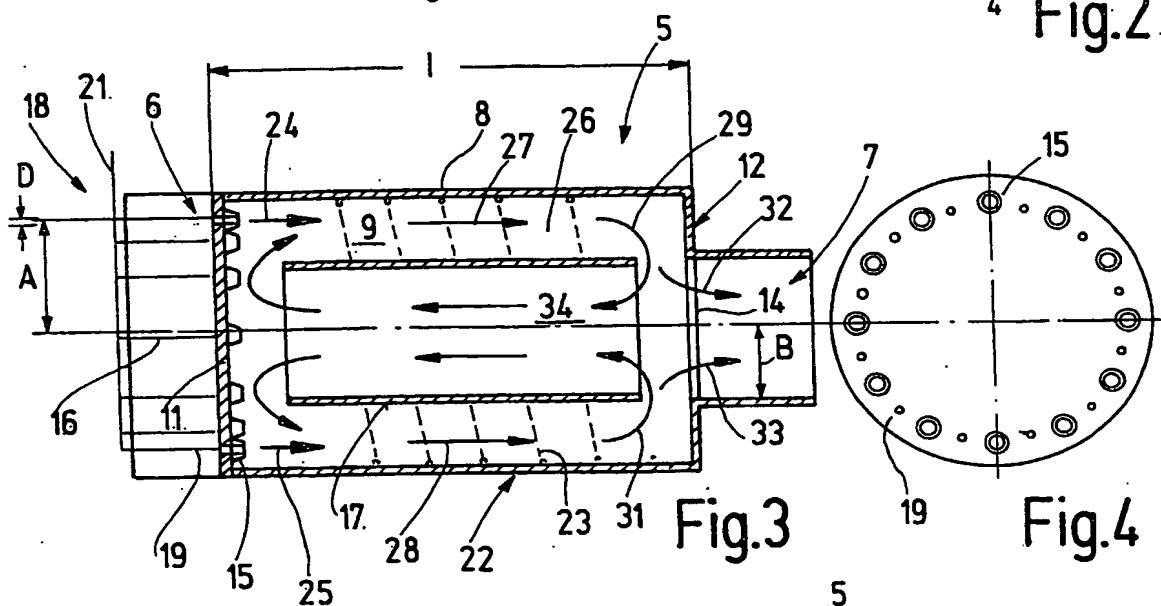
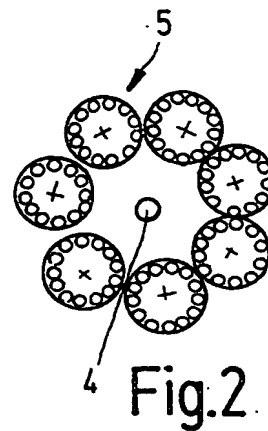
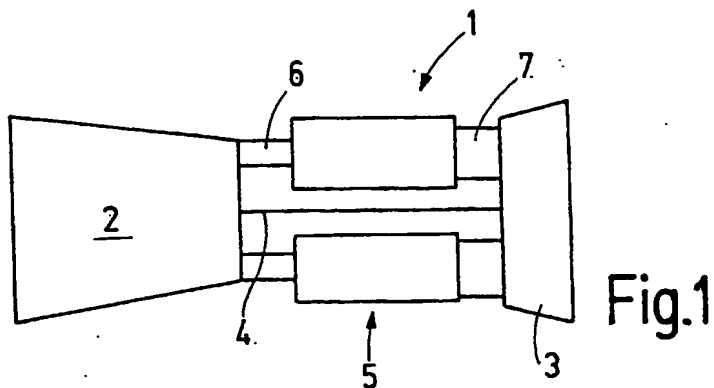
gesamten Innenraum (9) erfasst.

10. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rezirkulationsströmung lediglich ein einziges Wirbelzentrum (35) aufweist.
11. Brennkammer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Wirbelzentrum (35) auf einer gekrümmten Linie oder Fläche liegt.
12. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer (5) eine Vorheizeinrichtung (22) aufweist.
13. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Innenraum (9) eine Leiteinrichtung (17) angeordnet ist, die den Innenraum (9) in einen Misch- und Reaktionskanal (26) und einen Rückströmkanal (34) unterteilt.
14. Gasturbine (1)

mit einem Verdichter (2), einer Turbine (3) und mit wenigstens einer Brennkammer (5) zur flammenlosen Oxidation von Brennstoff, die ein Innenvolumen (9) umschließt und die einen eine Lufteingangsrichtung (24, 25) festlegenden Eingang (6, 15), der an den Verdichter (2) angeschlossen ist, einen Ausgang (7, 14), der an die Turbine (3) angeschlossen ist, und eine Brennstoffzuführungseinrichtung (18) aufweist, die eine Brennstoffeingleitungsrichtung (24, 25) festlegt,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Brennstoffeinleitungsrichtung (24, 25) und die Lufteingangsrichtung (24, 25) im wesentlichen übereinstimmen.



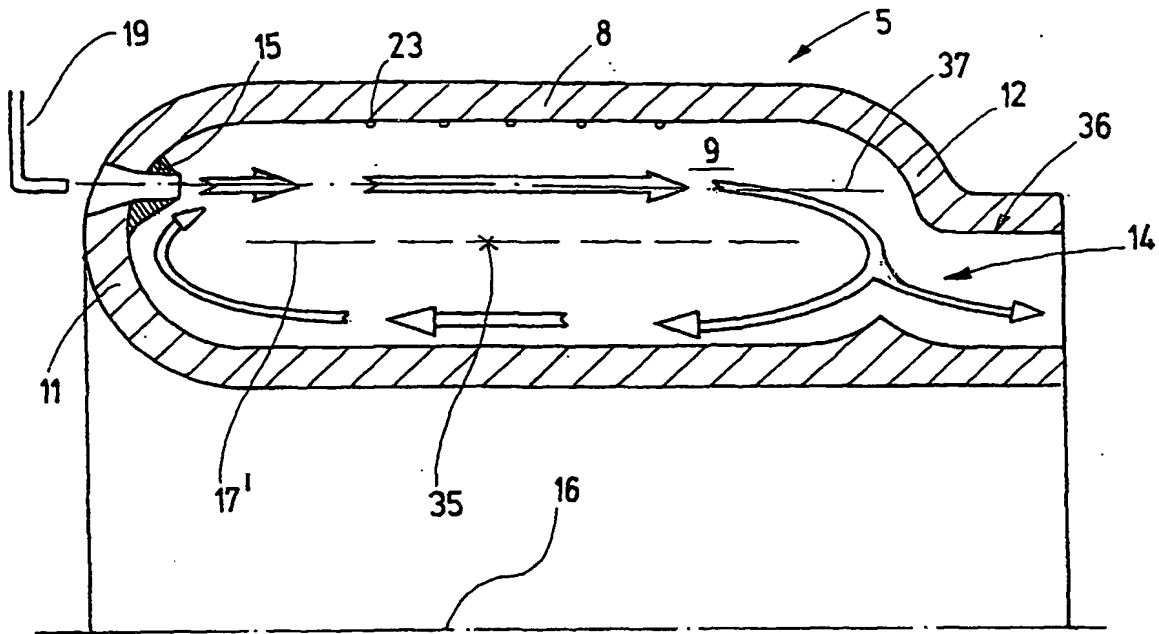


Fig. 8

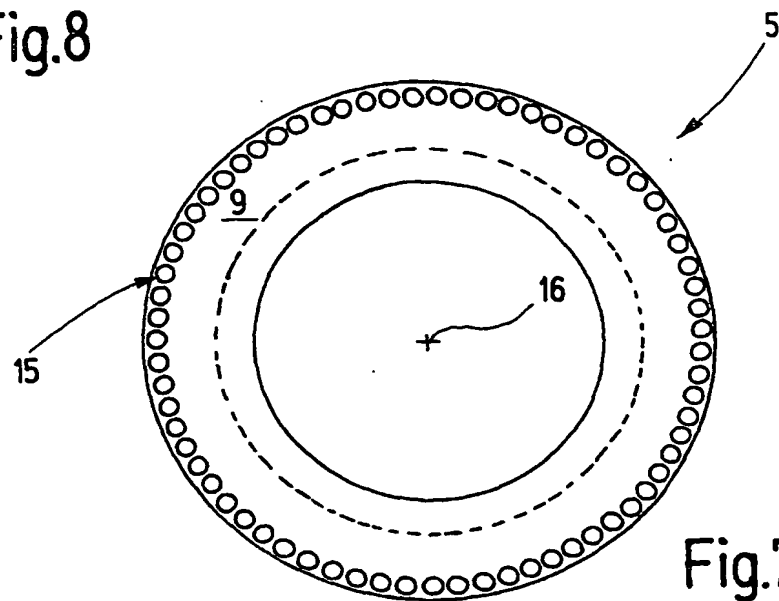


Fig. 7

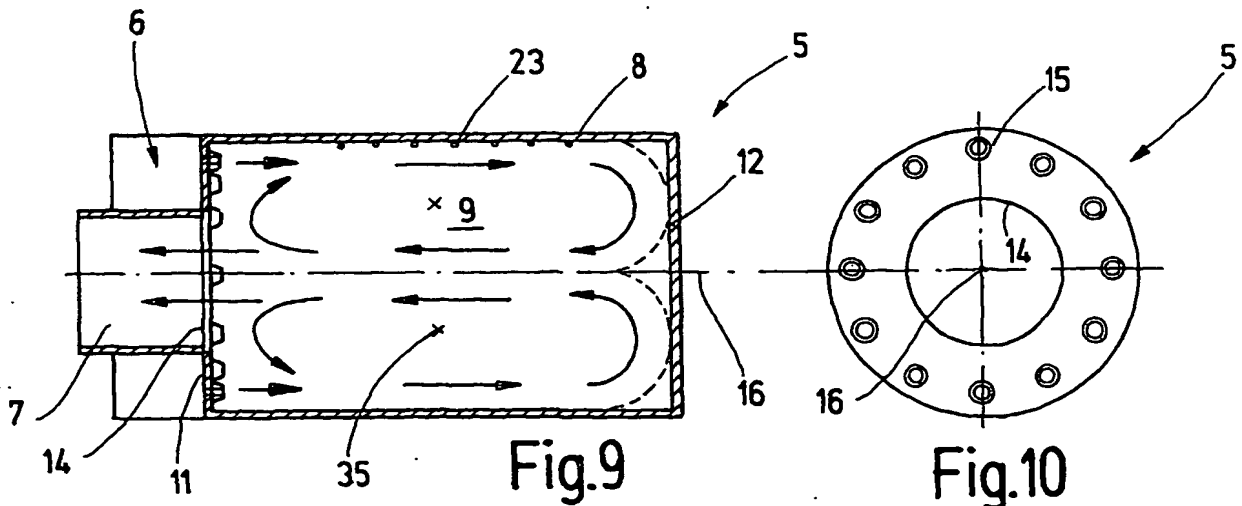


Fig. 9

Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/01319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F23C11/00 F23C9/00 F23R3/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F23C F23R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 11215 A (TECHNION RES & DEV FOUNDATION ;ARFI PATRICK (IL); FRIEDMAN MARK M) 15 February 2001 (2001-02-15)	1-3,9,10
A	page 8, line 3 - line 12 page 9, line 8 - line 12 page 11, line 17 - line 27 page 16, line 2 -page 17, line 24 figures 2,3A,3B	14
X	US 5 154 599 A (WUENNING JOACHIM DR-ING) 13 October 1992 (1992-10-13) column 2, line 35 -column 3, line 68 column 5, line 16 -column 6, line 13 column 6, line 55 - line 61 figures 1-3	1-7,9-12
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 September 2003

Date of mailing of the international search report

12/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coquau, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/01319

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 698 764 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28 February 1996 (1996-02-28) column 1, line 34 -column 2, line 13 column 4, line 6 - line 32 column 5, line 8 - line 30 figure 1 -----	1,2,4-7, 9-11,13
X A	US 3 309 866 A (KYDD PAUL H) 21 March 1967 (1967-03-21) column 2, line 35 - line 62 column 3, line 52 -column 4, line 14 figure 2 -----	1-3,9,10 14
X	EP 0 821 196 A (BASF AG) 28 January 1998 (1998-01-28) column 17, line 23 - line 50 figure 1 -----	1-4,6,7, 9,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
on patent family members

International Application No
PCT/DE 03/01319

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0111215	A	15-02-2001	AU 6522000 A WO 0111215 A1 US 2002069648 A1	05-03-2001 15-02-2001 13-06-2002
US 5154599	A	13-10-1992	EP 0463218 A1 AT 114364 T DE 59007772 D1 ES 2064538 T3 JP 3260398 B2 JP 5126316 A RU 2082915 C1	02-01-1992 15-12-1994 05-01-1995 01-02-1995 25-02-2002 21-05-1993 27-06-1997
EP 0698764	A	28-02-1996	DE 4430267 A1 EP 0698764 A2	29-02-1996 28-02-1996
US 3309866	A	21-03-1967	CH 457974 A DE 1476785 A1 FR 1472393 A GB 1118653 A	15-06-1968 23-10-1969 10-03-1967 03-07-1968
EP 0821196	A	28-01-1998	DE 19630417 A1 DE 19731958 A1 DE 59709042 D1 EP 0821196 A2 ES 2190495 T3 DE 29722972 U1	29-01-1998 28-01-1999 06-02-2003 28-01-1998 01-08-2003 09-04-1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F23C11/00 F23C9/00 F23R3/42

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F23C F23R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01 11215 A (TECHNION RES & DEV FOUNDATION ;ARFI PATRICK (IL); FRIEDMAN MARK M) 15. Februar 2001 (2001-02-15)	1-3,9,10
A	Seite 8, Zeile 3 - Zeile 12 Seite 9, Zeile 8 - Zeile 12 Seite 11, Zeile 17 - Zeile 27 Seite 16, Zeile 2 -Seite 17, Zeile 24 Abbildungen 2,3A,3B ---	14
X	US 5 154 599 A (WUENNING JOACHIM DR-ING) 13. Oktober 1992 (1992-10-13) Spalte 2, Zeile 35 -Spalte 3, Zeile 68 Spalte 5, Zeile 16 -Spalte 6, Zeile 13 Spalte 6, Zeile 55 - Zeile 61 Abbildungen 1-3 --- -/--	1-7,9-12

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/09/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coquau, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 698 764 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28. Februar 1996 (1996-02-28) Spalte 1, Zeile 34 - Spalte 2, Zeile 13 Spalte 4, Zeile 6 - Zeile 32 Spalte 5, Zeile 8 - Zeile 30 Abbildung 1 ----	1,2,4-7, 9-11,13
X A	US 3 309 866 A (KYDD PAUL H) 21. März 1967 (1967-03-21) Spalte 2, Zeile 35 - Zeile 62 Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 14 Abbildung 2 ----	1-3,9,10 14
X	EP 0 821 196 A (BASF AG) 28. Januar 1998 (1998-01-28) Spalte 17, Zeile 23 - Zeile 50 Abbildung 1 -----	1-4,6,7, 9,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung:

r selben Patentfamilie gehören

Internat. s Aktenzeichen

PCT/DE 03/01319

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0111215	A	15-02-2001	AU	6522000 A	05-03-2001
			WO	0111215 A1	15-02-2001
			US	2002069648 A1	13-06-2002

US 5154599	A	13-10-1992	EP	0463218 A1	02-01-1992
			AT	114364 T	15-12-1994
			DE	59007772 D1	05-01-1995
			ES	2064538 T3	01-02-1995
			JP	3260398 B2	25-02-2002
			JP	5126316 A	21-05-1993
			RU	2082915 C1	27-06-1997

EP 0698764	A	28-02-1996	DE	4430267 A1	29-02-1996
			EP	0698764 A2	28-02-1996

US 3309866	A	21-03-1967	CH	457974 A	15-06-1968
			DE	1476785 A1	23-10-1969
			FR	1472393 A	10-03-1967
			GB	1118653 A	03-07-1968

EP 0821196	A	28-01-1998	DE	19630417 A1	29-01-1998
			DE	19731958 A1	28-01-1999
			DE	59709042 D1	06-02-2003
			EP	0821196 A2	28-01-1998
			ES	2190495 T3	01-08-2003
			DE	29722972 U1	09-04-1998
